

2. Р.А. Муминов, С.А. Раджапов, Ё.К. Тошмуродов, Б.С. Раджапов Особенности технологии формирования Si(Li) p-i-n –детекторов ядерного излучения больших размеров Computationalnanotechnology – 2016. № 1. Стр. 62-66.

3. А.К. Саймбетов Особенности влияния границы раздела и протяженности области объемного заряда на электрофизические характеристики детекторных структур Автореф. Дис. кан. к.ф.-м.н. - Ташкент: 2010. С. 4-18.

4. Yo.K. Toshmurodov Position-Sensitive Detectors of Nuclear Radiation and a Study of their Current–Voltage Characteristic Instruments And Experimental Techniques - New York 2017 Vol. 60, No. 4, P. 605–607.

## ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ПЕРЕХОДНОГО СЛОЯ Si-SiO<sub>2</sub> В КРЕМНИЕВЫХ МДП-СТРУКТУРАХ

Далиев Х.С.

Филиал НИУ «МЭИ» в городе Ташкенте

**Аннотация:** В состоянии исследования МДП-структуры, важные для интегральных схем и оптоэлектроники. С применением СС-ДЛЦ исследование свойств переходного слоя в системе металл-полупроводник-диэлектрик. Выявлены максимумы на Spectax, связанные с дефектами выходного терна. Показано влияние степени окисления и облучения на характерный пик, что подтверждает модель пространственного распределения свободных соединений в слое.

**Ключевые слова:** МДП-структуры, Емкостная спектроскопия, Переходный слой, Дефекты, Распределение свободных связей.

В силу своих уникальных свойств, кремниевые структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуры) находят все более широкое применение в производстве интегральных схем, приборов с зарядовой связью и в других областях опто- и микроэлектроники. Известно, что основные параметры МДП-структур в значительной степени зависят от плотности поверхностных состояний на границе раздела полупроводник-диэлектрик, а также от наличия и свойств различных зарядов в диэлектрике, наличия дефектов в переходном слое Si - SiO<sub>2</sub> и в объеме полупроводника.

Целью данной работы является исследование свойств переходного слоя Si - SiO<sub>2</sub> в системе металл-полупроводник-диэлектрик с помощью нестационарной емкостной спектроскопии глубоких уровней при постоянной емкости (СС-DLTS - Deep Levels Transient Spectroscopy at Constant Capacity).

Обнаружено, что на спектрах СС-DLTS МДП-структур с катодно-распыленной пленкой SiO<sub>x</sub> наблюдается максимум при T = 280К, который связан с эмиссией электронов из дефектов в переходном слое между Si и тонкой пленкой SiO<sub>2</sub>. Определена зависимость плотности N<sub>ti</sub> этих центров в SiO<sub>x</sub> от степени окисления Si (0 < x < 2) и показано, что N<sub>ti</sub> имеет максимум при x ≈ 1.25.

Обнаружено, что облучение электронами и γ - квантами МДП-структур с термически выращенным окислом приводит к повышению на спектрах СС-DLTS характерного пика вблизи T = 280К, при этом его амплитуда растет с ростом дозы облучения. Показано, что

характерный пик, возникающий как при облучении, так и при плазменном нанесении  $\text{SiO}_x$ , обусловлен РД в переходном слое  $\text{Si}-\text{SiO}_2$  и интерпретируется моделью пространственного распределения свободных связей  $\text{Si}$  в слое состава  $\text{SiO}_x$  между  $\text{Si}$  и  $\text{SiO}_2$ .

Из сопоставления результатов измерения в пленках  $\text{SiO}_x$  энергетического спектра и скорости захвата электронов характерными РД в МДП-структурах сделана оценка профиля распределения степени окисления  $\text{Si}$  в переходном слое  $\text{Si}-\text{SiO}_2$  реальных приборов. Изучены различные электронные процессы, происходящие в объеме диэлектрика, полупроводника, на границе их раздела, а также в переходном слое  $\text{Si}-\text{SiO}_2$  и оценен их вклад в картину релаксационных процессов в МДП-структурах.

Исследован изохронный отжиг РД, возникающих во время облучения  $\gamma$  - квантами МДП-структур при наличии смещения на металлическом электроде. Показано, что встроенный заряд и объемные состояния диэлектрика отжигаются при  $250^\circ\text{C}$ , поверхностные состояния – при  $350^\circ\text{C}$ , а характерный РД в переходном слое  $\text{Si}-\text{SiO}_2$  полностью отжигается только при  $400^\circ\text{C}$ . Показано также, что дополнительные объемные состояния и поверхностные состояния, которые возникают в структурах при положительном смещении на металлическом электроде во время облучения, отжигаются при  $120^\circ\text{C}$  и кинетика дальнейшего отжига дефектов при более высоких температурах не зависит от полярности  $V_{\text{см}}$  при облучении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мортина Т.Н., Мортин К.В., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.с. 5348-5356
2. Petin V.A. "New features of Arduino, ESP, Raspberry Pi in IoT projects" BHVPetersburg, 2022, 320 p.
3. Yatsenkov V. S. "Health, sport and the environment in Arduino projects" BHVPetersburg, 2020, 336 p
4. Башкатов А.С., Мещерова Д.Н. Основные тенденции развития оптоэлектронной техники до 2030 года // Тезисы докладов Российской конференции и школы молодых ученых по актуальным проблемам полупроводниковой фотоэлектроники «Фотоника-2019». 2019. doi: 10.34077/rcsp2019-25. С.25-26.

#### **KOMPYUTER-MATEMATIK MODELLARDAN FOYDALANGAN HOLDA YARIMO'TKAZGICHLI DETEKTORLARNING TEXNOLOGIK JARAYONLARI NATIJALARINI TAHLIL QILISH**

**Muminov Ramizulla Abdullayevich<sup>1</sup>, Sayimbetov Axmet Quvanchbekovich<sup>2</sup>, Toshmurodov yorqin Qaxramonovich<sup>3</sup>, Ergashev Giyos Jurayevich<sup>4</sup>.**

**<sup>1</sup>O'z.R. FA Fizika texnika instituti,**

**<sup>2</sup>Al- Farobiy nomidagi Qozog'iston milliy universiteti,**

**<sup>3</sup>"TIQXMMI" MTU Qarshi irrigatsiya va agrotexnologiyalar instituti,**

**<sup>4</sup>O'zbekiston milliy universiteti qoshidagi Yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy-tadqiqot instituti.**